

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 248 084 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.10.2002 Patentblatt 2002/41

(51) Int Cl.7: G01F 1/84

(21) Anmeldenummer: 01108574.3

(22) Anmeldetag: 05.04.2001

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

• Wenger, Alfred, Dr.
8413 Neftenbach (CH)

(74) Vertreter: Andres, Angelika
Endress + Hauser (Deutschland) Holding GmbH,
PatServe
Colmarer Strasse 6
79576 Weil am Rhein (DE)

(71) Anmelder: Endress + Hauser Flowtec AG
CH-4153 Reinach BL 1 (CH)

(72) Erfinder:
• Koudal, Ole
5400 Baden (CH)

(54) Coriolis-Massedurchfluss-Aufnehmer mit zwei gebogenen Messrohren

(57) Bei einem Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer mit zwei gebogenen Meßrohren (1, 2), die spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieebene E einander gegenüberliegend angeordnet sind und die im wesentlichen senkrecht zu der Symmetrieebene in Schwingung

versetzt werden, sind beide Meßrohre so angeordnet, daß ihre Schnittebenen E1, E2 einen Winkel α kleiner 3° einschließen, um in der Symmetrieebene E liegende Kräfte, die an den Rohrenden auftreten zu kompensieren.

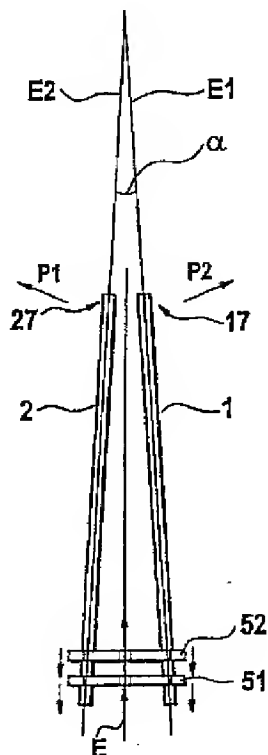
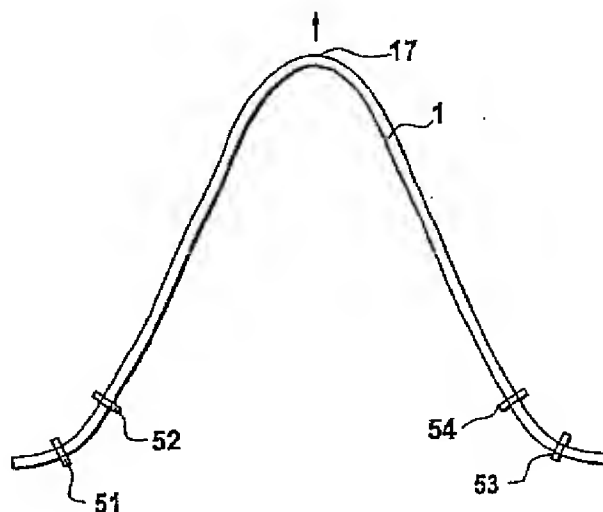


Fig. 2b



EP 1 248 084 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer mit zwei gebogenen Meßrohren.

[0002] Coriolis-Massedurchflussmesser werden vielfach zur Bestimmung des Massedurchflusses von Fluiden in Rohrleitungsabschnitten eingesetzt.

Als Meßaufnehmer dienen häufig zwei gebogene Meßrohre, die von dem zu messenden Fluid durchströmt werden und mittels einer Erregeranordnung in Schwingung versetzt werden. Die beiden Meßrohre sind in der Regel spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieebene einander gegenüberliegend angeordnet, wobei die Symmetrieebene zwischen den beiden Meßrohren liegt. Neben Meßaufnehmern mit zwei gebogenen Meßrohren sind auch Meßaufnehmer mit zwei geraden Meßrohren bzw. mit nur einem geraden oder gebogenen Meßrohr bekannt.

[0003] Die Meßrohre und das Fluid bilden zusammen ein schwingungsfähiges System, das normalerweise auf seiner Resonanzfrequenz angeregt wird. Die Resonanzfrequenz hängt unter anderem vom Material und den Abmessungen des Messrohrs ab. Sie variiert auch mit der Dichte des strömenden Fluids.

In einigen Fällen wird das Messrohr nicht auf der Resonanzfrequenz, sondern auf einer benachbarten Frequenz angeregt.

Zwei Schwingungssensoren erfassen die Schwingungsbewegung der Messrohre an zwei in Strömungsrichtung beabstandeten Stellen und wandeln die Schwingungsbewegung der Messrohre in Sensorsignale um. Beide Sensorsignale weisen die gleiche Frequenz wie die Schwingungsbewegung des Messrohrs auf, sie sind aber gegeneinander phasenverschoben. Die Phasenverschiebung ist ein Maß für den Massedurchfluss.

[0004] Die Sensorsignale werden in einer Mess-Teilschaltung ausgewertet und in ein zum Massedurchfluss des Fluids proportionales Signal umgewandelt. Neben dem Massedurchfluss können auch weitere Eigenschaften des Fluids wie z. B. seine Dichte oder Viskosität bestimmt werden. Hierzu wird z. B. die Frequenz der Schwingungsbewegung des Messrohrs ausgewertet. Bekannten Mess-Teilschaltungen arbeiten entweder analog wie z. B. in der EP-A 698 783 bzw. der US-A 4 895 030 oder digital wie z. B. in der EP-A 702 212 bzw. der US A 54 29 002 beschrieben.

[0005] Die Güte des Meßergebnisses hängt u.a. davon ab, wie genau die Schwingungsbewegung der beiden Meßrohre erfaßt werden kann. Hierbei sind Störungen, die die Sensorsignale beeinflussen, so weit wie möglich zu vermeiden. Solche Störungen treten z.B. durch eine Schwingungskopplung des Meßaufnehmers mit der Prozeßumgebung auf, bei der Schwingungsenergie zwischen Meßaufnehmer und Prozeßumgebung ausgetauscht wird. So können Schwingungen aus der Prozeßumgebung über den Prozeßanschluß des Aufnehmers auf die beiden Meßrohre übertragen werden,

die dann von den Sensoren aufgenommen und mit ausgewertet werden.

Ebenfalls störend wirken sich Reflektionen aus, die dadurch entstehen können, daß die Meßrohrschwingungen vom Aufnehmer über den Prozeßanschluß in die Prozeßumgebung weitergeleitet werden und von dort reflektiert werden können.

Zur Vermeidung dieser störenden Einflüsse sind bei den bekannten Aufnehmern, die beiden Meßrohre spiegelsymmetrisch und parallel einander gegenüberliegend angeordnet, so daß sich alle Schwingungskomponenten der Rohrschwingungen, die senkrecht zu dieser Spiegelebene liegen, kompensieren.

Dadurch daß die beiden Meßrohre jedoch nicht exakt parallel zueinander schwingen, sondern eine geringfügige Drehbewegung ausführen, treten auch Schwingungskomponenten in der Ebene der Spiegelebene auf, die nicht kompensiert sind und damit zu einer unerwünschten Schwingungskopplung des Meßaufnehmers mit der Prozeßumgebung führen.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Aufnehmer für einen Coriolis-Massedurchflußmesser anzugeben, der eine bessere Schwingungskompensation aufweist und der einfach und kostengünstig herstellbar ist.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe durch einen Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer mit zwei gebogenen Meßrohren, die spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieebene einander gegenüberliegend angeordnet sind und die im wesentlichen senkrecht zu der Symmetrieebene in Schwingung versetzt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Meßrohre so angeordnet sind, daß ihre Schnittebenen einen Winkel kleiner 3° einschließen, um in der Symmetrieebene liegende Kräfte, die an den Rohrenden auftreten zu kompensieren.

[0008] Die wesentliche Idee der Erfindung liegt darin, daß durch die Schrägstellung der beiden Meßrohre Kräfte kompensiert werden, die in der Symmetrieebene liegen. Dadurch wird die Schwingungskopplung mit der Prozeßumgebung erheblich verringert und die Meßgenauigkeit erhöht.

[0009] In einer alternative Ausgestaltung der Erfindung weist ein Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer zwei gebogenen Meßrohren, die spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieebene E einander gegenüberliegend parallel angeordnet sind und die im wesentlichen senkrecht zu der Symmetrieebene E in Schwingung versetzt werden auf, wobei an den Rohrmitten jeweils Ausleger angeordnet sind, um in der Symmetrieebene liegende Kräfte, die an den Rohrenden auftreten zu kompensieren.

[0010] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind die beiden Meßrohre jeweils an ihren Enden über jeweils zwei Koppellemente miteinander verbunden.

[0011] In einer bevorzugten weiteren Ausgestaltung der Erfindung beträgt der Winkel α zwischen den Schnittebenen etwa 0,4°.

[0012] Nachfolgend ist die Erfindung anhand von zwei in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

[0013]

Fig. 1 schematische Aufsicht eines erfindungsgemäßen ersten Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmers

Fig. 2a Prinzipskizze zur Erläuterung der Schwingungsbewegung bei einem Aufnehmer gemäß dem Stand der Technik

Fig. 2b Prinzipskizze zur Erläuterung der Schwingungsbewegung bei einem Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer gemäß Fig. 1

Fig. 3 schematische Aufsicht eines erfindungsgemäßen zweiten Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmers

[0014] Fig. 1 zeigt eine schematische Aufsicht eines ersten erfindungsgemäßen Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmers, der im folgenden als Aufnehmer 10 bezeichnet wird.

[0015] Der Aufnehmer 10 weist ein in einer ersten Schnittebene L1 in etwa V-förmig gebogenes Meßrohr 1 auf, das bezüglich einer ersten Symmetrielinie symmetrisch gebogen ist.

Ein V-förmiges gebogenes zweites Meßrohr 2 mit einer Schnittebene L2 ist spiegelsymmetrisch bezüglich einer Symmetrieebene E zum Meßrohr 1 angeordnet. Die Symmetrieebene E liegt mittig zwischen den beiden Meßrohren 1, 2.

[0016] Beide Meßrohre 1 und 2 sind einstückig ausgebildet.

[0017] Das Meßrohr 1 weist ein gerades Einlaßstück 11 auf, das mit einem geraden Auslaßstück 12 fluchtet.

[0018] Das Meßrohr 2 weist ebenfalls ein gerades Einlaßstück 21 auf, das mit einem entsprechenden geraden Auslaßstück 22 fluchtet.

[0019] An das gerade Einlaßstück 11 des Meßrohrs 1 schließt ein Einlaßbogen 13 an, der in ein gerades Rohrstück 15 übergeht. Das gerade Rohrstück 15 geht in einen Scheitelpunkt 17 über an den sich ein weiteres gerades Rohrstück 16 anschließt, von dem ein Auslaßbogen 14 zum geraden Auslaßstück 12 führt.

[0020] Das Meßrohr 2 ist entsprechend dem Meßrohr 1 aufgebaut.

An das gerade Einlaßstück 21 des Meßrohrs 2 schließt ein Einlaßbogen 23 an, der in ein gerades Rohrstück 25 übergeht. Das gerade Rohrstück 25 geht in einen Scheitelpunkt 27 über an den sich ein weiteres gerades Rohrstück 26 anschließt, von dem ein Auslaßbogen 24 zum geraden Auslaßstück 22 führt.

[0021] Beide Meßrohre 1, 2 sind einlaßseitig über zwei Koppellemente 51, 52 und auslaßseitig über zwei Koppellemente 53, 54 miteinander verbunden.

[0022] Die Einlaßstücke 11, 21 sind in einem Einlaßverteilerstück 18 und die Auslaßstücke 12, 22 in einem Auslaßverteilerstück 19 fixiert. Beide Verteilerstücke 18, 19 sind in einem Tragrahmen 30 gehalten, der Teil eines nicht näher dargestellten Gehäuses ist.

[0023] Die Meßrohre 1, 2 sowie die Verteilerstücke 18, 19 bestehen im Ausführungsbeispiel aus rostfreiem Stahl.

[0024] Im Betrieb ist der Aufnehmer 10 über einen Prozeßanschluß in einen nicht dargestellten Rohrleitungsabschnitt integriert.

[0025] Diese Rohrleitungen unterscheiden sich kundenspezifisch, so daß der Meßaufnehmer 10 unterschiedliche Verbindungsvorrichtungen (Gewindestutzen, Flansche oder Klemmvorrichtungen) als Prozeßanschlüsse aufweisen kann.

[0026] Ebenso wie die Meßrohre 1, 2 ist der Tragrahmen 30 einstückig ausgebildet.

[0027] Der Tragrahmen 30 ist vorder- und rückseitig mit jeweils einem nicht dargestellten Blech verschweißt, so daß sich die beiden Meßrohre in einem luftdicht abgeschlossenen Gehäuse befinden.

[0028] Mit Hilfe einer nicht näher dargestellten bekannten Erregeranordnung 6, die an den Scheitelpunkten 17, 27 fixiert ist, werden die beiden Meßrohre 1, 2 in eine stimmgabel-artige Schwingung versetzt, mit einer Schwingfrequenz, die der Resonanzfrequenz des Systems Meßrohr 1, 2 einschließlich des sich in den beiden Meßrohren befindlichen Fluids entspricht. Teilweise liegt die Schwingfrequenz auch etwas neben der Resonanzfrequenz des Systems.

[0029] Die Resonanzfrequenz des Systems hängt von der Dichte des Fluids ab. Daher kann über die Resonanzfrequenz die Dichte des Fluids bestimmt werden.

[0030] Die Erregeranordnung 6 wird von einer nicht dargestellten Treiberschaltung über eine Versorgungslleitung 63 mit Wechselenergie versorgt, die z. B. eine immer die momentane Resonanzfrequenz des Systems einstellende PLL-Schaltung entsprechend der US- 48 01 897 sein kann.

[0031] Zur Aufnahme der Schwingungsbewegung der beiden Meßrohre 1, 2 dienen zwei Weg- oder Geschwindigkeitssensoren 7, 8, die jeweils an den geraden Rohrstücken 15, 25 bzw. 16, 26 fixiert sind und über Verbindungsleitungen 73, 83 mit einer nicht dargestellten Meß-Teilschaltung verbunden.

[0032] Die Signalauswertung ist nicht Gegenstand der Erfindung, so daß auf die genauere Darstellung einer Meß-Teilschaltung verzichtet wird. Derartige Schaltungen sind z.B. in den Druckschriften EP- A698 783, US- A 4895030, EP- A 702 212 bzw. US A54 29 002 beschrieben.

[0033] Fig. 2 a zeigt eine Prinzipskizze zur Erläuterung der Schwingungsbewegung bei einem Aufnehmer

gemäß dem Stand der Technik mit zwei parallelen Meßrohren. Entsprechende Teile in Fig. 2 werden entsprechend Fig. 1 beziffert.

[0033] In Seitenansicht dargestellt sind in vereinfachter Form zwei parallel angeordnete Meßrohre 1, 2, deren Enden jedoch nicht fixiert sind sondern frei schwingen können und die über zwei Koppellemente 51, 52 miteinander verbunden sind. Alle unwesentlichen Teile sind der Übersicht halber nicht dargestellt.

[0034] Anhand frei schwingender Enden läßt sich die Idee der Erfindung besser erläutern.

Im Betrieb schwingen die beiden Meßrohre 1, 2 relativ zueinander. Die durch Pfeile P1, P2 dargestellte Auslenkung der Scheitelbögen 17, 27 wird von der nicht dargestellten Erregeranordnung 6 erzeugt. Der wesentliche Anteil der Schwingungsamplitude liegt in x-Richtung. Ein geringerer Anteil der Schwingungsamplitude liegt aber auch in y-Richtung.

Die Kraft der Erregeranordnung 6 wird über die Meßrohre 1, 2 zu den Koppellementen 51, 52 übertragen. Die Koppellemente 51, 52 verformen sich in der dargestellten Weise. Die Mitten der Koppellemente 51, 52 bewegen sich in y-Richtung, während die äußeren Enden sich entgegengesetzt in -y-Richtung bewegen. Gleichzeitig bewegen sich die Enden der Meßrohr 1, 2 in y-Richtung. Dies ist entsprechenden Aufsicht auf ein Meßrohr 1 bzw. 2 deutlicher zu sehen.

Diese Bewegung in y-Richtung führt im fixierten Zustand der Meßrohrenden zu einer Kraft auf die Verteilerstücke 18 bzw. 19.

[0035] Fig. 2b zeigt eine entsprechende Prinzipskizze für einen Aufnehmer gemäß Fig. 1. Dieser Aufnehmer unterscheidet sich von dem Aufnehmer gemäß Fig. 2a nur durch die Schrägstellung der Meßrohre.

Aufgrund der Schrägstellung der beiden Meßrohre 1, 2 bewegen sich die Scheitelbögen 17, 27 bei der Schwingungsbewegung etwas in y-Richtung. Diese y-Bewegung kompensiert die entsprechende -y-Bewegung der Rohrenden, so daß die Rohrenden im Prinzip ortsfest verharren.

Im fixierten Zustand der Rohrenden wirkt deshalb keine Kraft auf die Verteilerstücke (18, 19).

Dadurch wird die Kopplung des Meßaufnehmers 10 mit der Prozeßumgebung erheblich verringert.

[0036] In Fig. 2a bzw. Fig. 2b sind die Auslenkungen zur Verdeutlichung übertrieben dargestellt.

[0037] In Fig. 3 ist eine schematische Aufsicht eines zweiten erfindungsgemäßen Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmers dargestellt. Dieser Aufnehmer 10' unterscheidet sich von dem Aufnehmer 10 gemäß Fig. 1 nur dadurch, daß die beiden Meßrohre 1, 2 parallel zueinander angeordnet sind und daß jeweils an den Scheitelbögen 17, 27 jeweils Ausleger 90a, 90b angeordnet sind, die bei der Schwingungsbewegung der Meßrohre 1, 2 eine Bewegungskomponente in der Symmetrieebene erzeugen, die der Bewegung der freien Rohrenden entgegenwirkt. Dadurch wird die Schwingungsbewegung der Rohrenden verringert.

Im fixierten Zustand der Rohrenden wirkt keine Kraft auf die Verteilerstücke 18, 19.

Dadurch wird die Kopplung des Meßaufnehmers 10' mit der Prozeßumgebung auch in diesem Fall erheblich verringert.

[0038] Die Vorteile der Erfindung wurden auch durch FEM-Berechnungen sowie entsprechende Versuche verifiziert.

Patentansprüche

1. Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer mit zwei gebogenen Meßrohren (1, 2), die spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieebene E einander gegenüberliegend angeordnet sind und die im wesentlichen senkrecht zu der Symmetrieebene in Schwingung versetzt werden, **dadurch gekennzeichnet, daß** die beiden Meßrohre so angeordnet sind, daß ihre Schnittebenen E1, E2 einen Winkel α kleiner 3° einschließen, um in der Symmetrieebene liegende Kräfte, die an den Rohrenden auftreten zu kompensieren.
2. Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Winkel α $0,4^\circ$ beträgt.
3. Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer mit zwei gebogenen Meßrohren (1, 2), die spiegelsymmetrisch zu einer Symmetrieebene E einander gegenüberliegend angeordnet sind und die im wesentlichen senkrecht zu der Symmetrieebene E in Schwingung versetzt werden, **dadurch gekennzeichnet, daß** an den Rohrmitten jeweils Ausleger (90a, 90b) angeordnet sind, um in der Symmetrieebene E liegende Kräfte, die an den Rohrenden auftreten, zu kompensieren.
4. Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Rohrenden über Koppellemente (51, 52, 53, 54) miteinander verbunden sind.

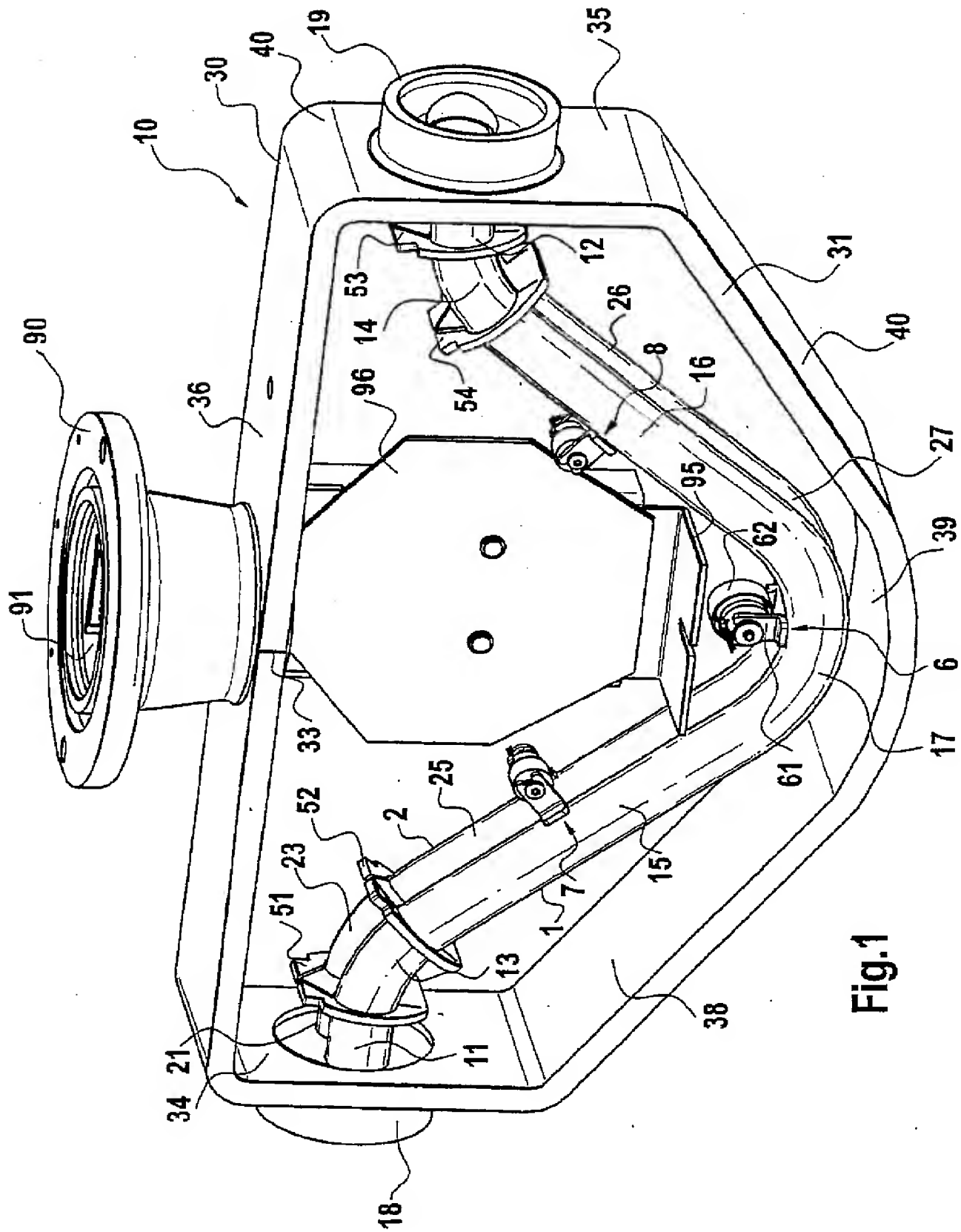


Fig.1

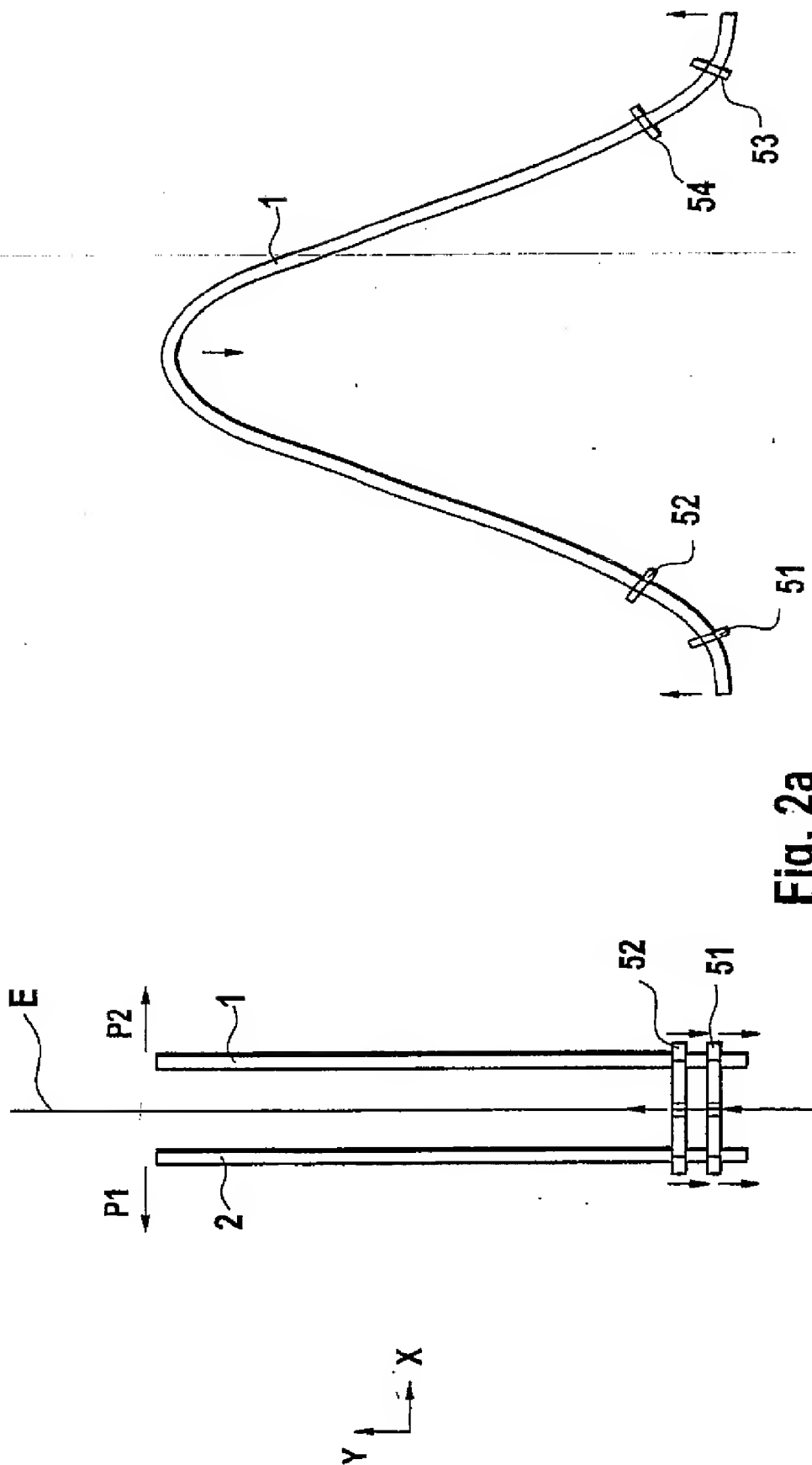


Fig. 2a

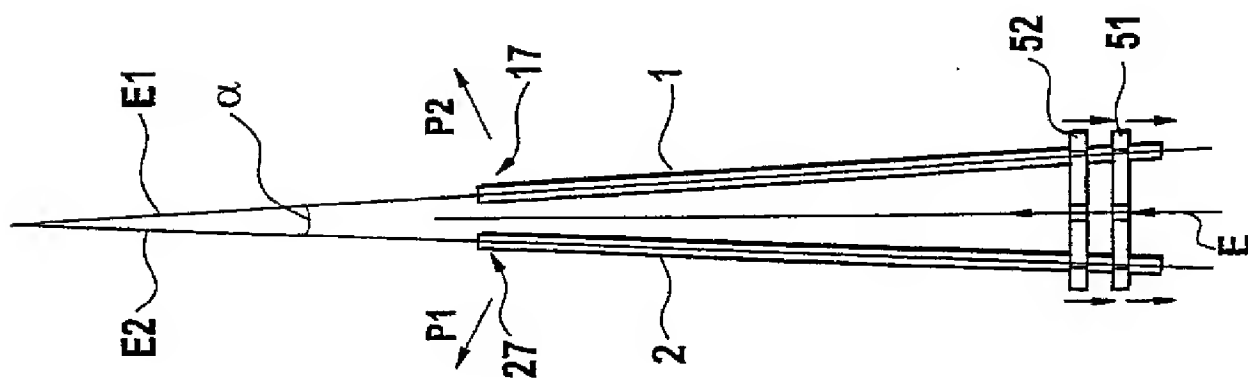
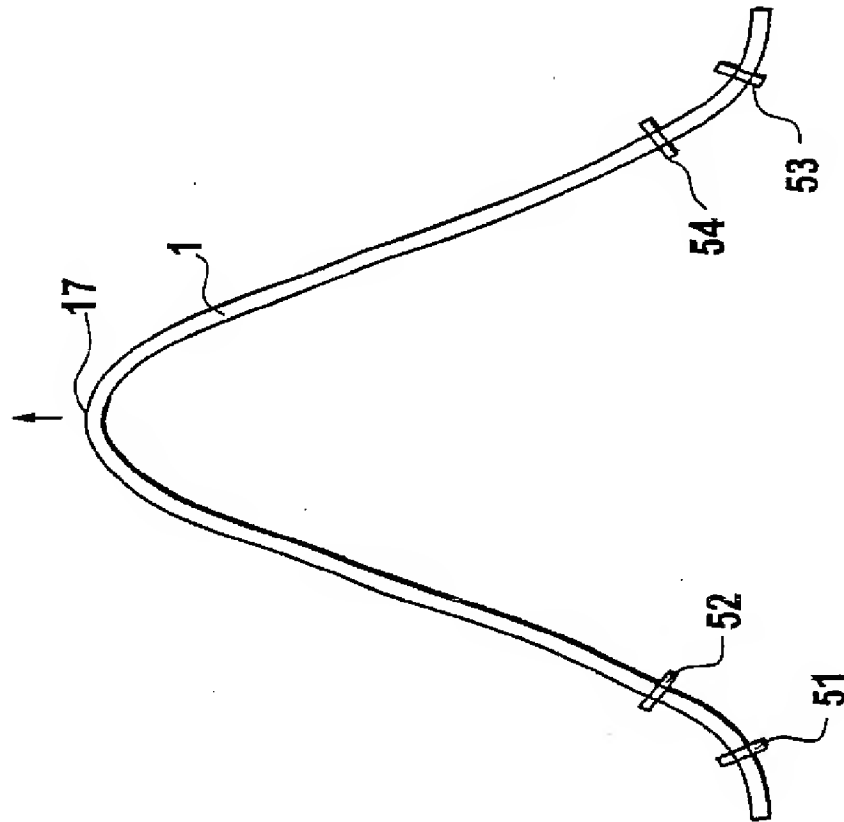


Fig. 2b



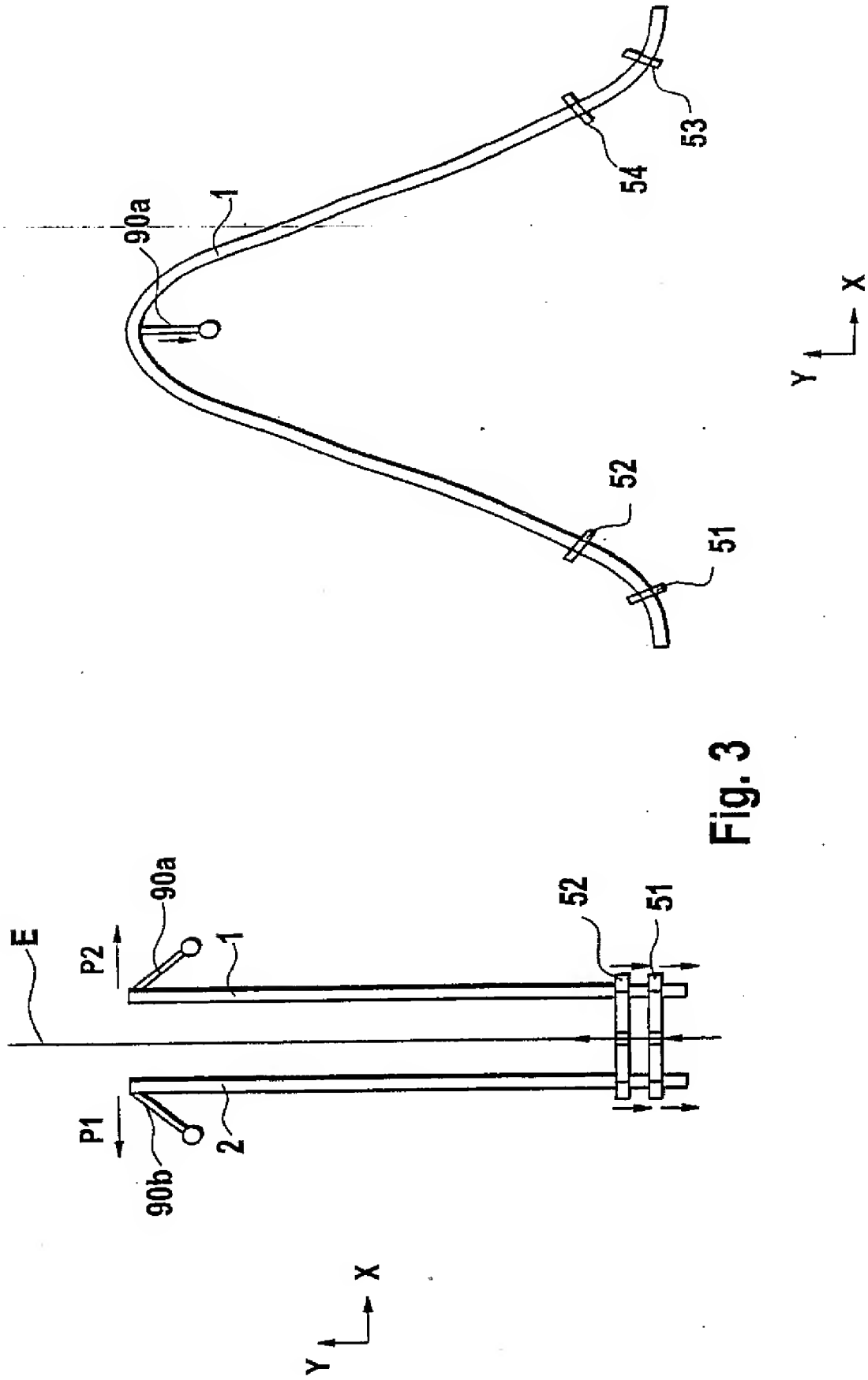


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 01 10 8574

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 394 758 A (WENGER ALFRED ET AL) 7. März 1995 (1995-03-07) * Spalte 3, Zeile 54 - Spalte 5, Zeile 17; Abbildungen 1,2 *	1-4	G01F1/84
A	US 5 602 344 A (LEW HYOK S ET AL) 11. Februar 1997 (1997-02-11) * Spalte 13, Zeile 9 - Zeile 55; Abbildung 7 *	1-4	
A	US 5 700 957 A (BUSZNYAK IMRE ET AL) 23. Dezember 1997 (1997-12-23) * Spalte 6, Zeile 24 - Spalte 8, Zeile 45; Abbildung 7 *	3,4	
A	EP 0 831 306 A (OVAL CORP) 25. März 1998 (1998-03-25) * Spalte 13, Zeile 48 - Zeile 58; Anspruch 6; Abbildung 6 *	3	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			G01F
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 12. September 2001	Prüfer Fenzl, B
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/02 (P/C/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 01 10 8574

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Daten des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-09-2001

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5394758 A	07-03-1995	EP 0601256 A	15-06-1994
		CN 1100805 A, B	29-03-1995
		DE 59201625 D	13-04-1995
		DK 601256 T	03-07-1995
		JP 2654341 B	17-09-1997
		JP 6213697 A	05-08-1994
US 5602344 A	11-02-1997	WO 9607082 A	07-03-1996
		US 5663509 A	02-09-1997
		US 5700958 A	23-12-1997
US 5700957 A	23-12-1997	HU 66622 A	28-12-1994
		AU 7466894 A	28-02-1995
		EP 0714503 A	05-06-1996
		WO 9504259 A	09-02-1995
EP 0831306 A	25-03-1998	JP 2966355 B	25-10-1999
		JP 10090034 A	10-04-1998
		JP 2966356 B	25-10-1999
		JP 10104040 A	24-04-1998
		AU 691773 B	21-05-1998
		AU 1778397 A	26-03-1998
		CN 1177097 A	25-03-1998
		KR 240261 B	15-01-2000
		US 5796012 A	18-08-1998

SPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang, siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr. 12/82